

LA FERTILIZACIÓN MINERAL EN PRADOS DE MONTAÑA DE LEÓN CON DIFERENTES SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN FORRAJERA

EFFECTS OF FERTILIZATION AND CUTTING FREQUENCY ON HERBAGE YIELD FROM MOUNTAIN MEADOWS (LEÓN, SPAIN)

R. GARCÍA, M. RODRÍGUEZ Y A. CALLEJA

Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-Universidad de León) Finca Marzanas s/n. Grulleros E-24346 León.

rgarn@unileon.es

RESUMEN

Se presentan los resultados de una experiencia de fertilización de 30 años de duración en prados de la Montaña de León. Se aplicaron nitrógeno, fósforo y potasio (cuatro dosis) de acuerdo a un diseño factorial 4^3 . Los 10 primeros años el sistema de aprovechamiento fue de dos siegas anuales, la decena siguiente de tres siegas y la última decena de tres siegas pero fraccionando el nitrógeno. La producción anual de forraje en todos los sistemas depende fundamentalmente del fósforo; el nitrógeno es clave en la primera siega y el potasio es más efectivo en los rebrotes. La producción anual de leguminosas depende del nitrógeno (efecto negativo) y afecta al segundo corte cuando se fracciona; el fósforo y el potasio tienen un efecto positivo (en el segundo corte y en el tercero respectivamente).

En un sistema de dos cortes anuales es posible producir 9 500 kg MS ha⁻¹ de forraje con 25 unidades de nitrógeno y 35 de fósforo y obtener 1 100 kg de leguminosas; con tres cortes anuales se puede alcanzar la misma producción y 1 500 kg de leguminosas, sin nitrógeno y con 35 unidades de fósforo y 25 de potasio. El fraccionamiento del nitrógeno es menos efectivo frente a los objetivos de cantidad y calidad de forraje.

Palabras clave: Forraje, producción, leguminosas, manejo, ecuaciones de regresión.

SUMMARY

Results are from a 30-year fertilization experiment in a mountain meadow (León). Nitrogen, phosphorus and potassium fertilisers (four doses each) were applied in a factorial 4^3 design. The fertilizers were spread in a single yearly application, except the N fertiliser that was fractionated in two applications during the last 10 years. The first 10 years the meadow was cut twice yearly, and thereafter three harvests of herbage were obtained every year. Annual herbage yield was affected by phosphorus, nitrogen affected the first cut herbage yield, and potassium influenced the production in the regrowth. Legumes annual production was reduced with the nitrogen fertiliser, and the legume biomass in the regrowth was affected when the fertiliser was fractionated. Phosphorus and potassium tended to increase legume production in the regrowth. With two cuts per year and applying 25 units N + 35 units P, herbage dry matter yield was 9500 kg ha⁻¹ yr⁻¹ (1100 kg legume DM). With three cuts per year a similar yield of herbage was obtained and the legumes yield was increased (1500 kg DM), applying 35 units P + 25 units K (with no N fertilizer). Fractionation of nitrogen showed a negligible effect on herbage yield and quality.

Key words: forage, production, legumes, meadow, cutting frequency, regression equations.

INTRODUCCIÓN

Los prados en áreas de montaña permiten asegurar forraje para épocas de escasez. Su pequeña extensión, 4-8% de la superficie en la Montaña de León (Calleja, 2004), requiere un manejo adecuado que posibilite obtener productos en cantidad y calidad suficiente para cubrir las necesidades de las diferentes explotaciones agrarias.

La fertilización mineral, sobre todo si se acompaña de una adecuada gestión del riego, es un método efectivo de control. Desde mediados de los años sesenta del siglo pasado se han realizado diferentes ensayos de fertilización en la zona leonesa siguiendo las recomendaciones de la FAO de realizar experiencias a nivel regional y local. Algunos resultados se han publicado en la revista *Pastos de la SEEP* (García *et al.*, 2004 y Rodríguez *et al.*, 2003 y 2006).

En este trabajo se hace referencia a la experiencia de fertilización de la localidad de Las Salas de 30 años de duración. Resultados parciales ya publicados (bibliografía citada) estudiaron un número reducido de parcelas (22) mientras que en este artículo se presentan las de la experiencia al completo (64).

El objetivo es establecer mediante ecuaciones de regresión la relación existente entre la fertilización aportada y la producción de forraje (cantidad) y la producción de

leguminosas (calidad) en tres diferentes sistemas de explotación en los que se divide la experiencia: dos siegas anuales, tres siegas anuales (ambos con aporte de fertilizantes de una sola vez) y tres siegas anuales con aporte fraccionado del nitrógeno.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se establece una experiencia de fertilización en la localidad de Las Salas (Comarca de Riaño, Montaña de León en la vertiente sur de la cordillera Cantábrica) a 1010 msnm con localización geográfica: 42° 55' 52,04'' N y 5° 7' 13,18'' W.

Se asienta sobre un prado de regadío (3600 m²), en zona de aluvión junto al río Dueñas. El suelo es ligeramente ácido con buen contenido en materia orgánica y pobre en fósforo y potasio (Rodríguez *et al.*, 1980). De acuerdo con la clasificación de la FAO es un Fluvisol Gleyic (FAO-ISRIC-ISSS, 1998). La comunidad vegetal pertenece, bajo un punto de vista fitosociológico, al Orden *Arrhenatheretalia elatioris* Tx. 1931 e inicialmente se incluye en la Asociación *Cynosurion cristati* Tx. 1947 (García *et al.*, 2004).

Los datos climáticos básicos (ITACYL-AEMET, 2013) son: precipitación media anual 1200 mm (primavera 319 mm, verano 123 mm, otoño 375 mm e invierno 383 mm). Temperatura media anual 9,3 °C, temperatura media de enero 1,3 °C y de ju-

lio 17,2 °C) y la fecha de inicio de crecimiento el 15 de febrero (5 días consecutivos con temperaturas $\geq 5^{\circ}\text{C}$). El despegue de la vegetación se sitúa tras la primera semana de abril ($>1,5$ t de MS y suelo totalmente cubierto de hierba).

Los fertilizantes (nitrógeno, fósforo y potasio) se aportaron sobre parcelas de 3,5 x 7 m, de una sola vez a la salida del invierno (normalmente en el mes de abril) y cuando se fracciona el nitrógeno, el 30 % se aporta tras la primera siega (Rodríguez *et al.*, 1996 y 2003). Se aplicaron de acuerdo con un diseño factorial 4^3 y los 64 tratamientos consistieron en todas las combinaciones de cuatro dosis diferentes: nitrógeno y potasio: 0, 60, 120 y 180 kg ha⁻¹ de N ó K₂O y fósforo: 0, 80, 160 y 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Se utiliza el modelo de regresión lineal múltiple con la producción (kg de MS ha⁻¹) como variable dependiente y los fertilizantes (kg ha⁻¹) como variables independientes.

$$\text{Producción} = \beta_0 + \beta_1\text{N} + \beta_2\text{P} + \beta_3\text{K} + \beta_4\text{N}^2 + \beta_5\text{P}^2 + \beta_6\text{K}^2 + \beta_7\text{NP} + \beta_8\text{NK} + \beta_9\text{PK} + \text{E}$$

β_0 =intercepto; β_1 . β_9 = coeficientes de regresión; E=error aleatorio.

Para el análisis de los datos y regresión se ha utilizado los paquetes Proc univariate, Proc reg y Proc rhl (SAS, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las Tablas 1, 2 y 3 muestran los valores de los parámetros de regresión en los diferentes sistemas de manejo: dos siegas anuales y tres siegas anuales (con aporte de fertilizantes de una sola vez) y tres siegas anuales con aporte fraccionado del nitrógeno.

El sistema dos cortes anuales y aporte único de fertilizantes (Tabla 1) es el más utilizado en la montaña de León. La hierba se recoge para el invierno y se distribuye el 71% en el primer corte y el 29% en el segundo. Básicamente lo que se desea es asegurar la mayor cantidad de forraje mientras que la calidad es una cuestión secundaria.

La producción anual de forraje, suma de la recogida en los dos cortes, depende fundamentalmente del aporte de fósforo (responsable del 48% de su variación) mientras que el nitrógeno únicamente lo es del 25% y el potasio del 3%. En el primer corte, con un gran desarrollo de las gramíneas, el nitrógeno es el abono más determinante (44% de la varianza explicada) y seguido de cerca por el fósforo (37%); se manifiesta el efecto positivo del aporte nitrogenado en el primer corte y se pone en evidencia la importancia del aporte del fósforo, elemento deficiente en el suelo. En el segundo corte el fósforo es el elemento más decisivo (20% de varianza) seguido, muy en segundo plano del

Tabla 1.- Parámetros de las regresiones de la producción de forraje y de leguminosas (kg ha⁻¹ de MS) en el sistema de dos cortes anuales y con aporte único de nitrógeno.

	Forraje			Leguminosas		
	1 ^{er} corte	2 ^o corte	Anual	1 ^{er} corte	2 ^o corte	Anual
Intercepto	5 648	2 507	8 376	813	699	1 278
N	17,7		8,5	-8,4	-7,8	-15,5
P	18,5	7,7	24,2	2,1	2,7	5,6
K		1,2	2,9			4,4
N ²	-0,05	0,01		0,02	0,03	0,05
P ²	-0,05	-0,02	-0,07	-0,01	-0,01	-0,01
K ²						-0,02
NP		-0,02			-0,01	
RSD	511	313	673	165	155	269
R ² aj	75	32	67	77	80	84
CV	6,7	10,4	6,3	38,8	38,7	32,7

RSD: Desv. estándar de la regresión. R² aj: coef. de determinación ajustado: CV: coef. de variación.

potasio (4%). Se confirma la importancia de abonado fosfórico en este sistema de manejo y el segundo nivel ocupado por el nitrógeno en el incremento de los rendimientos sobre todo en el primer corte (Rodríguez *et al.*, 2003); en todo caso nuestros datos sugieren que las cantidades de abonado fosfórico, 60-130 kg ha⁻¹ año⁻¹, recomendadas por Suárez *et al.* (1975 y 1976) junto a un abonado de fondo de 60 ha⁻¹ año⁻¹ de nitrógeno y 80 ha⁻¹ año⁻¹ de potasio pueden reducirse sensiblemente para estos valores de producción.

La producción de leguminosas está ligada estrechamente a la presencia de nitrógeno (80-82% de la varianza y efecto negativo) y se manifiesta tanto por cortes como a nivel anual; el fósforo, aunque su efecto es siempre positivo, tiene una importancia mucho menor (2%), pudiendo en algunos casos

ser testimonial por el enérgico impacto del nitrógeno. Esta constatación concuerda con García *et al.* (2004) en un sistema de dos cortes anuales aunque se hace referencia a un número menor de parcelas de la experiencia.

El sistema de tres cortes anuales (Tabla 2) con una distribución única de los elementos fertilizantes es característico de sistemas de explotación más intensivos o con necesidades puntuales de forraje de mayor calidad. La cantidad de forraje, aun siendo importante, deja paso a la calidad que se incrementa con los rebrotes. El forraje cosechado durante el año se distribuye de la siguiente forma: 61% en el primer corte, 20% en el segundo y 19% en el tercero.

El fósforo explica el 71% de la variación de la producción total anual, le sigue en

Tabla 2.- Parámetros de las regresiones de la producción de forraje y de leguminosas (kg ha⁻¹ de MS) en el sistema de tres cortes anuales y aporte único de nitrógeno.

	Forraje				Leguminosas			
	1 ^{er} corte	2 ^o corte	3 ^{er} corte	Anual	1 ^{er} corte	2 ^o corte	3 ^{er} corte	Anual
Intercepto	5 132	1 727	1 609	8 317	491	359	265	1 154
N					-3,5	-3,5	-2,1	-9,6
P	20,3	3,9	6,7	31,4	2,4	2,6	2,0	6,8
K		2,2		3,2		1,1	0,9	1,6
NP	0,03	-0,01	-0,02		-0,01	0,01	-0,01	-0,03
NK	0,02			0,03		-0,01		
PK					0,01	0,01		0,01
N ²					0,01	0,01	0,01	0,03
P ²	-0,06	-0,01	-0,01	-0,09	-0,01	0,01	-0,01	-0,02
RSD	501	240	224	870	130	81	75	240
R ² aj	77,8	54,5	55,7	74,6	78,0	88,4	79,7	87,0
CV	7,5	11,4	11,7	8,1	32,7	22,3	25,2	22,7

RSD: Desv. estándar de la regresión. R² aj: coef. de determinación ajustado: CV: coef. de variación.

importancia el K (9%) y el N (3%). En los diferentes cortes es el fósforo, de nuevo, el fertilizante más decisivo en la regresión; el potasio interviene, fundamentalmente, en los rebrotes (34% de la variación en el 2^o corte) y el nitrógeno no se incluye en la regresión. Se corrobora la importancia del fósforo en la producción de forraje y el interés del potasio en el segundo y tercer corte puesto de manifestado en Rodríguez *et al.* (2003) para este sistema de manejo; el nitrógeno sólo debería tenerse en cuenta si se buscan producciones superiores a 11 000 kg ha⁻¹ de materia seca si se acompaña con fósforo y/o con potasio.

La producción anual de leguminosas se relaciona negativamente con la fertilización nitrogenada (68% de la varianza), positi-

vamente con la potásica (9%) y, en menor medida, con la fosfórica (5%). A nivel de cortes, el nitrógeno es el factor clave (59-68% de la varianza y con efecto negativo), el fósforo tiene un efecto positivo (2-8%) y el potasio es especialmente interesante en los rebrotes (10 y 14% de la variación). La intensificación del aprovechamiento conlleva una menor dependencia del nitrógeno frente a la creciente importancia del fósforo e incluso del potasio como reguladores de la composición botánica de los prados. Suárez *et al.* (1976) describen incrementos superiores al 50% de leguminosas con fertilización fosfopotásica y la relacionan con la menor presencia de gramíneas por el bajo contenido de nitrógeno en la fertilización. García *et al.*

(2004), consideran que el sistema de tres siegas anuales reduce la importancia de las gramíneas en el primer corte y que la menor proporción de partida de esta familia es favorable para la actuación de los fertilizantes fosfóricos y potásicos sobre las leguminosas; además el potasio tiene una mayor respuesta y su efecto es más notable cuanto se intensifica el manejo.

El sistema de tres cortes anuales con fraccionamiento del nitrógeno (Tabla 3) está inicialmente diseñado para explotaciones intensivas que tratan de obtener mayor producción y calidad de la hierba. El reparto de la cosecha de forraje a lo largo del año es 53% en el primer corte, 23% en el segundo y 24% en el tercero.

Las regresiones que explican la producción anual incluyen el fósforo como fertilizante principal (56% de la variación) y el nitrógeno, lógicamente adquiere mayor importancia (14% de la varianza) que cuando se aporta de una sola vez y el potasio se mantiene con proporciones semejantes de varianza (8%). A nivel de cortes el fósforo es el fertilizante más importante de la regresión (53% de varianza); el nitrógeno destaca en el primer corte por su estrecha relación con el desarrollo de las gramíneas (30%) y en los cortes 2° y 3° (rebrotos) el potasio tiene una importancia relevante (26% y 13% de la varianza). En todo caso la cantidad de forraje no se incrementa respecto al aporte único como indicaba Rodríguez *et al.* (2003) aunque se mejora la distribución de la materia

Tabla 3.- Parámetros de las regresiones de la producción de forraje y de leguminosas (kg ha⁻¹ de MS) en el sistema de tres cortes anuales y aporte fraccionado de nitrógeno.

	Forraje				Leguminosas			
	1 ^{er} corte	2 ^o corte	3 ^{er} corte	Anual	1 ^{er} corte	2 ^o corte	3 ^{er} corte	Anual
Intercepto	3 895	2 058	1 994	7 539	146	162	124	432
N	13,8			8,5	-1,7	-2,4	-1,1	-5,1
P	20,9	3,8	2,5	30,7	5,5	4,3	2,5	12,1
K		2,1	1,4	6,4	2,1	2,5	1,6	6,3
NP	0,03		-0,01		-0,01	-0,01	-0,01	-0,02
NK					-0,02	-0,01	-0,01	-0,04
PK					0,01	0,01	0,01	0,02
N ²	-0,05				0,01	0,01	0,01	0,03
P ²	-0,07	-0,01		-0,08	-0,02	-0,01	-0,01	-0,04
RSD	540	228	230	890	155	127	90	324
R ² aj	79,2	41,2	42,1	68,3	80,1	81,0	76,4	82,9
CV	9,1	9,2	9,8	8,3	36,4	32,1	31,5	29,2

RSD: Desv. estándar de la regresión. R² aj: coef. de determinación ajustado: CV: coeficiente de variación.

seca en los diferentes cortes.

Las ecuaciones reflejan la incidencia de la fertilización sobre la producción de forraje y de leguminosas, en este sistema de explotación, son más complejas y en ellas adquieren mayor importancia los efectos de interacción entre fertilizantes. La producción anual de leguminosas se relaciona negativamente con el aporte de nitrógeno, aunque la importancia de este fertilizante disminuye respecto al sistema de aprovechamiento anterior (38% de la varianza) y aumenta la del fósforo y del potasio (20%). A nivel de cortes, los tres fertilizantes principales intervienen en la regresión; el nitrógeno tiene un efecto destacado y siempre negativo; el del fósforo es menor en cortes cada vez más tardíos mientras que el del potasio es mayor en esos mismos cortes.

El papel jugado por el fraccionamiento del nitrógeno es moderado para las leguminosas y gramíneas pero importante para el grupo de otras plantas que se incrementan al fraccionar (Suarez *et al.*, 1976). García *et al.* (2004), destacan el extraordinario rendimiento alcanzado por las combinaciones fosfopotásicas respecto a la producción de leguminosas que pueden superar los 2 400 kg ha⁻¹ en diferentes dosis (≥ 80 kg ha⁻¹ de fósforo y ≥ 60 kg ha⁻¹ de potasio y niveles de producción $\geq 11\ 000$ kg ha⁻¹). En todo caso es posible incrementar sensiblemente este gru-

po de plantas con fertilizaciones menores y niveles de producción más moderados.

CONCLUSIONES

La experiencia de fertilización en prados de la Montaña de León muestra que en los sistemas de producción: dos cortes anuales, tres cortes y tres cortes con fraccionamiento del nitrógeno el elemento fundamental para la producción de forraje es el fósforo, mientras que el nitrógeno tiene una importancia menor (reducida al primer corte). El potasio sólo es importante en los rebrotes y con los sistemas más intensivos (3 cortes).

Respecto a la producción de leguminosas la ausencia de fertilizante nitrogenado es fundamental; el aporte del fósforo y del potasio es positivo siendo este último especialmente interesante en los rebrotes.

Básicamente se corroboran y matizan los datos de diferentes experiencias de fertilización realizadas en la vertiente sur de la Cordillera Cantábrica. Así en un sistema de aprovechamiento de la hierba de dos cortes anuales es posible producir 9 500 kg de forraje con una fertilización reducida (ej: 25 unidades de nitrógeno y 35 unidades de fósforo) y obtener 1 100 kg de leguminosas (12% del forraje total). En un sistema de aprovechamiento de tres cortes anuales se puede alcanzar los mismos niveles de producción y 1 500 kg de leguminosas (15% del

forraje total) con fertilizaciones sin nitrógeno y con 35 unidades de fósforo y 25 unidades de potasio. El fraccionamiento del nitrógeno no aporta nada significativo a los objetivos agronómicos planteados de cantidad y calidad de forraje si bien bajo un punto de vista de evolución de composición botánica de “otras familias” es de sumo interés.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó con la financiación de la Junta de Castilla y León dentro del programa de ayudas a la actividad investigadora al grupo de excelencia GR158.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALLEJA A. (2004) *Tipificación, cartografía y evaluación de los pastos Españoles. Castilla y León Occidental*. Informe final del proyecto OT 00 037 09. Doc. inédito. INIA. Madrid. España.

FAO-ISRIC-ISSS (1998) World reference base for soil resource. *World Soil Resource Reports*, 84.

GARCÍA R., RODRÍGUEZ M., ANDRÉS S. Y CALLEJA A. (2004) Cuarenta años de fertilización en prados de la montaña de León. II. Influencia sobre la composición botánica. *Pastos*, 34 (2), 153-206.

ITACYL-AEMET (2013) Atlas Agroclimático de Castilla y León. <http://atlas.itacyl.es>.

RODRÍGUEZ M., GARCÍA R., AN-

DRÉS S. Y CALLEJA A. (2003) Cuarenta años de fertilización en prados de la montaña de León. I. Influencia sobre la producción. *Pastos*, 33 (1), 103-153.

RODRÍGUEZ M., GARCÍA R., ANDRÉS S. Y CALLEJA A. (2006) Cuarenta años de fertilización en prados de la montaña de León. III. Influencia sobre la composición química y valor nutritivo. *Pastos*, 34 (1), 45-79.

RODRÍGUEZ M., GARCÍA R., MORO A. Y CALLEJA A. (1996) Los prados permanentes en la economía de la montaña leonesa. *Pastos*, 26 (1), 25-37.

RODRÍGUEZ M., PUENTE T. Y CALLEJA A. (1980) Relación entre el abonado N-P-K y la composición botánica en prados de regadío de la montaña leonesa. *Pastos*, 10 (1), 105-113.

S.A.S. (2013) *SAS/STAT User's Guide*. Carolina del Norte, USA: Ed. Stat. An. Syst.Inst.Inc. Cary.

SUÁREZ A., CARPINTERO C. Y DÍEZ J. (1975) Fertilización fosfatada de prados naturales. I. Influencia de diferentes tipos y dosis de fertilizantes sobre el rendimiento y rentabilidad del abonado, *Zootechnia*, 24, 451-466.

SUÁREZ A., CARPINTERO C. Y RODRÍGUEZ M. (1976) Respuesta de prados naturales de montaña a distintos tipos y dosis de fertilizantes nitrogenados. *Pastos*, 6 (2), 363-375.